

人体動作分析による空間規模に関する研究(第35報)

直線通路におけるすれ違い歩行

中 島 一^{*1}・ 建 部 謙 治^{*2}

Study on the Space by an Analysis of Human Movement (Part35)

Passing each other in the Straight Passage

Hajimu NAKAJIMA, Kenji TATEBE

通路は建築設計計画においても、一般に単なる通行に関わる行動や日常生活慣習として扱われている面があり、これより個人の不快を招く事柄も、ある意味においては人間の順応性を期待しているのが現状である。これは歩行動作を単純動作と考え、基本的な歩行特性を考慮していない点にも原因があると考えられる。そこでこうしたことの手がかりとして、歩行時における人体動作を分析することにより、通路に設置された家具の、歩行動作に与える影響をさぐり、もって通路構成による歩行特性を明らかにしようとするものである。

1. 研究目的

通路は平面的には、直線通路と折れ曲がり通路に大別することができるが、今回は直線通路を取り上げる。この直線通路における複数歩行者のすれ違い歩行について、家具が歩行動作に与える影響をさぐり、これより通路構成による歩行特性を明らかにしようとするものである。

2. 研究方法

歩行に作用する要因は、動作主体である“人”やそれを取り巻く“環境”などさまざまである。こうしたことから、研究対象とする歩行要因だけを取り出し、他の歩行要因を同一条件とするため実験を行なう。実験は、実験装置を作製し、歩行する様子を頭上から8ミリカメラで撮影して、これより基礎資料を得る。

また人体動作を人間が感覚器官より受けた情報量を量的、質的に評価した結果の具体的表現であると考え、このプロセスに関する事項を“実験装置及び周辺の環境”“総合的環境”及び動作の主体である“人”の三要因に大別して、これを実験に関連する歩行要因について検討した。この結果実験は初夏に行ない、被験者は21, 22才の男子大学生とし、被験者には充分練習を行なわせることにする。

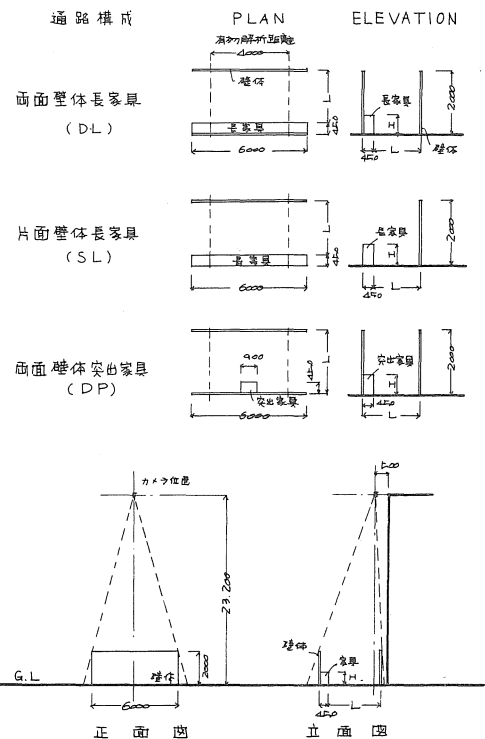


Fig. 1 実験装置と設置方法

3. 実験装置及び実験方法

実験装置はFig. 1に示すとおり、壁体と家具によって構成された通路で、両面壁体長家具、片面壁体長家具、両面壁体突出家具の3種類について、通路幅員（L）を1, 1.5, 2, 3, 4 mの5通り、家具高さ（H）を45, 90, 135 cmの3通り、歩行人数（M）を4, 6, 8, 10人の4通りに変化させる。この組み合わせを示すとTab. 1に示すとおりで、実験ではランダムに行なう。実験場所は愛知工業大学E R館前で、歩行面はすべりのないアスファルト舗装である。また歩行者の出発時における配列位置（S・P）を示すとFig. 2に示すとおりである。ここで家具位置とは、進行方向に対して家具を右手にする場合と、家具を左手にする場合をいい、これらをそれぞれrf, lfで、また両面壁体長家具をDL, 片面壁体長家具をSL, 両面壁体突出家具をDPとして略記する。

4. 解析方法

歩行動作を撮影したフィルムをプロット用紙に投影し、中央部分4 mを有効解析距離として、頭と両肩について4コマ/秒の割合で逐次プロット用紙に移し取って基礎

資料を作成する。解析内容については次の六項目である。

- ①. 先導者と追随者の軌跡 複数歩行者のすれ違い歩行において、集団の先頭にたつ先導者と、先導者の軌跡をたどる追随者に着目してその軌跡を検討する。
- ②. 先導者のかわし方向 先導者同士のかわし方向と、先導者とそれ以外の歩行者のかわし方向について検討する。
- ③. 歩行形態（段列数）：n（段） 複数歩行者のすれ違い歩行の場合、歩行者はできるだけスムーズに歩行できるような歩行形態をとると考えられる。そこですれ違い時における段列数を調べ、その特徴を見い出そうとするものである。その分類例をFig. 3に示す。
- ④. 歩行速度：V（m/min） 各歩行者の歩行速度を平均したもので、ここでは歩行速度として扱う。
- ⑤. 肩のふれ角度： α （°） 頭、両肩を4コマ落としで求めたものについて、解析距離内に身体の一部が達した時から、出た時までを計測の対象とする。ここで壁体に対して垂直線を基準線とし、右まわりに肩のふれているものを正、左まわりを負として、その絶対値のトータル

を求める。対象者は有効解析距離内に一番早く達した者と一番遅く達した者を、それぞれ相方とし、計4名とする。

- ⑥. 追随距離：Z（cm）先導者と追随者の位置関係を求めたもので、追随関係を調べるにあたってはフィルム上映から追随関係が成立しているものを選び出し、その位置関係はプロット用紙から求める。位置関係は、横方向（壁体に直角方向：Zx）、縦方向（壁体に平行方向：Zy）、直線距離（ $Z = \sqrt{Zx^2 + Zy^2}$ ）に分けて検討する。またS・Pにより歩行者が8人と10人の場合は当初から追随関係ができていた。これを「縦列関係」とし、S・Pでは追随関係はないが歩行中に追随関係が生まれるものを「横列関係」として扱う。

また本文中のグラフにおいてはrfとlfの平均取り扱っている。

Tab. 1 組み合わせ

	L	H	M	組 み 合 せ	計 数	備 考
両面壁体長家具	5	3	4	5 × 3 × 4	60	M=10人のL=1mを除く
片面壁体長家具	5	3	4	5 × 3 × 4	60	M=10人のL=1mを除く
両面壁体突出家具	5	3	4	5 × 3 × 4	60	M=8, 10人のL=1mを除く

総 計 180 通り

ただし L = 1, 1.5, 2, 3, 4 m, H = 45, 90, 135 cm, M = 4, 6, 8, 10人

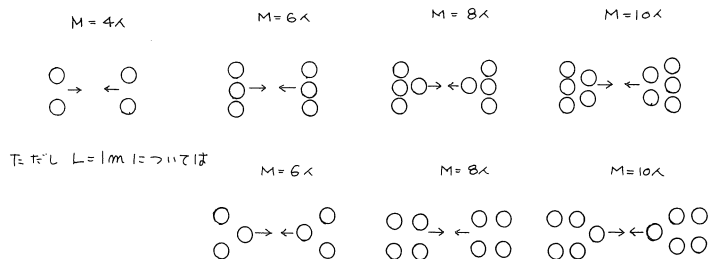


Fig. 2 S・P

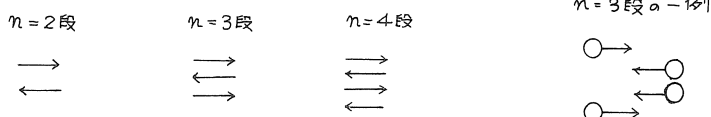


Fig. 3 段 列 数 (n) 例

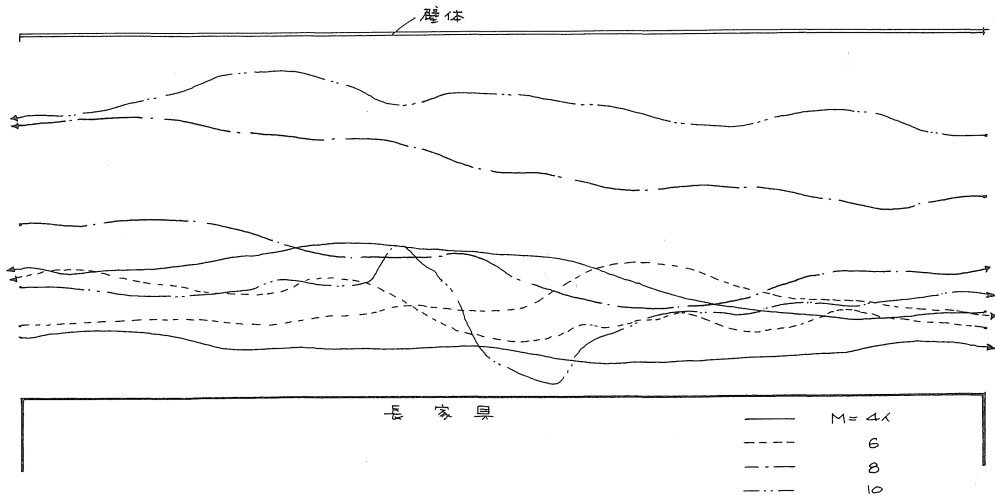


Fig. 4 先導者の軌跡 DL ($L=1.5m$, $H=90cm$)

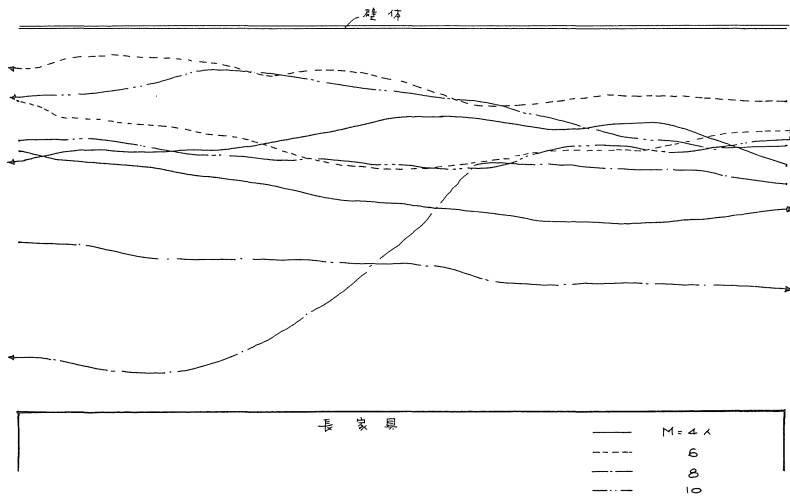


Fig. 5 先導者の軌跡 SL ($L=2m$, $H=90cm$)

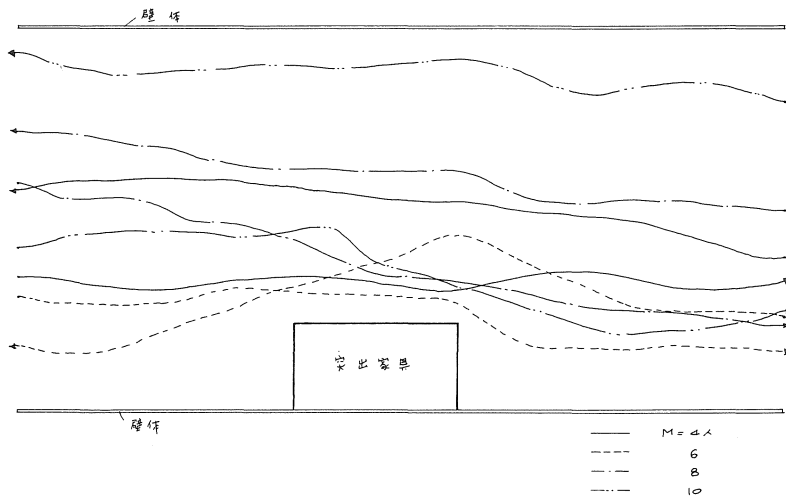


Fig. 6 先導者の軌跡 DP ($L=2m$, $H=45cm$)

5. 解析結果の概要

両面壁体長家具 (DL) では、歩行動作に与える影響は幅員が最も大きい。すなわち幅員が大きくなるにしたがって n 、 V も大きくなり (Fig. 7, Fig. 10), α は小さくなる (Fig. 13)。これらは $L \geq 2 \sim 3$ m から一定する傾向がある。人数が多いと V は一般に小さく、 α は大きい。家具高さについては、 n は $H = 45 > 90 > 135$ cm で、 V は $H = 45 < 135$ cm であるが、 α はほとんど影響はみられない。先導者の軌跡をみると、 $H = 90$ cm は $H = 135$ cm と比べて家具側に集中しており、 $H = 90$ cm では家具側の歩行者が先導者になる傾向がある (Fig. 4)。 $H = 45$ cm では一定した傾向はみられない。また先導者のかわし方向は Tab. 2 に示すように右へかわす傾向が強く、 $M = 2$ 人のすれ違いとは逆の結果になっている。追従関係をみると、Tab. 3 に示すように幅員が小さい場合ほど追従関係はみられ、 Z も幅員による影響が強い。家具高さについては家具が高い方が Z も大きい傾向がある。

片面壁体長家具 (SL) では幅員による影響が最も大きく、歩行人数、家具高さについても影響は認められる。 V は幅員が大きくなるにしたがって大きくなり、 $L \geq 3$ m ではほぼ一定になる。 $L > 2$ m では $H = 45 < 135$ cm である。また人数が多いほど V は小さい (Fig. 11)。 α については、幅員が大きくなるにしたがって急激に小さくなり、 $L \geq 3$ m で一定になる。また人数が多いほど α は大きい。 $L < 2$ m では $H = 45 < 135$ cm である (Fig. 14)。 n は幅員が $L > 2$ m で一定になり、 $L > 2$ m では $H = 90 > 45$,

135 cm である (Fig. 8)。先導者の軌跡は中央に位置し、 $H = 90$, 135 cm では壁体側に寄る傾向があり (Fig. 5), ほとんど右へかわす (Tab. 2)。追従関係については、Tab. 4 に示すように幅員による影響が大きく、「横列関係」では $L \leq 2 \sim 3$ m でみられ、「縦列関係」では $L = 4$ m までみられる。 Z は「横列関係」より「縦列関係」の方が大きく、家具高さによる影響はみられない。

両面壁体突出家具 (DP) では、家具高さによる影響は小さく、幅員と人数による影響が大きい。すなわち V は Fig. 12 に示すように、幅員が大きくなるにしたがって V は大きくなり、人数が多いほど V は小さい。 α は幅員が大きくなるにしたがって小さくなり、 $L = 1$ m では $H = 45 < 90 < 135$ cm の傾向がある (Fig. 15)。段列数については幅員が大きくなるほど n も大きく、 $L \geq 3$ m ではほぼ一定する (Fig. 9)。家具高さによる影響は、 $L = 1$ m で α は $H = 45 < 90 < 135$ cm であること、先導者の軌跡は $H = 135$ cm で家具からかなり離れて歩行し、 $H = 90$ cm では蛇行が多くまた大きいことである。先導者の軌跡は一般に家具側に集中しており、家具側の歩行者が先導者となる (Fig. 6)。また先導者のかわし方向は Tab. 2 に示すように右へかわす傾向が強い。追従関係の場合、「横列関係」の $M = 4$ 人では $L = 1$ m で、 $M = 6, 8$ 人では $L \leq 2$ m で、 $M = 10$ 人では $L \leq 4$ m で見られ、幅員と人数による影響が大きい (Tab. 5)。「縦列関係」では $L \leq 4$ m までみられ、 Z は「横列関係」より大きい。

Tab. 2 先導者のかわし方向

L		DL					SL					DP				
		1	1.5	2	3	4	1	1.5	2	3	4	1	1.5	2	3	4
4	45	●	●	●	●	●				●						
	90	●	●	●	●	●			●				●			
	135	●		●	●			●				●				
6	45					●				●					●	●
	90		●					●		●						
	135		●			●				●						
8	45											●	●			
	90			●		●						●	●			
	135	●	●									●	●		●	
10	45	●	●	●	●	●	●	●				●	●	●	●	●
	90	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●
	135	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●

- (注) 1. 右へかわした場合 先導者とそれ以外の人が歩行した場合
 左へかわした場合 実験を行っていない

2. 略号は次のとおりである。 DL — 両面壁体長家具 SL — 片面壁体長家具 DP — 両面壁体突出家具

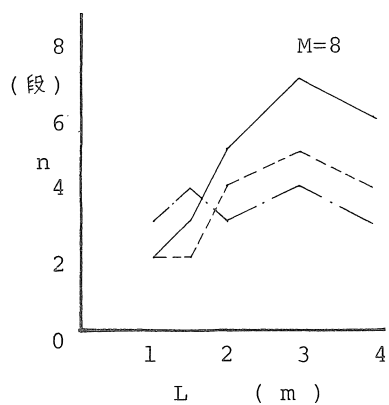


Fig. 7 n DL

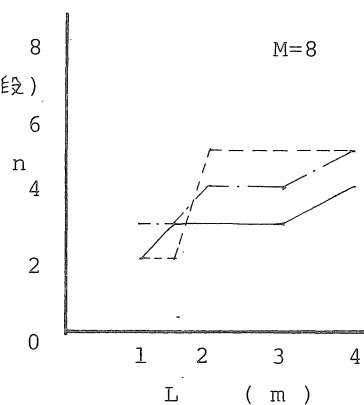


Fig. 8 n SL

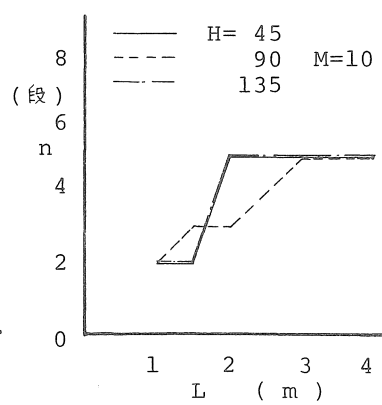


Fig. 9 n DP

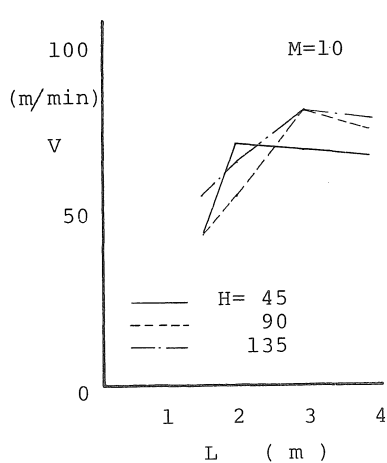


Fig. 10 V DL

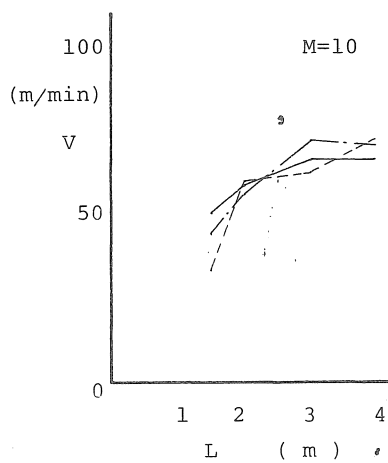


Fig. 11 V SL

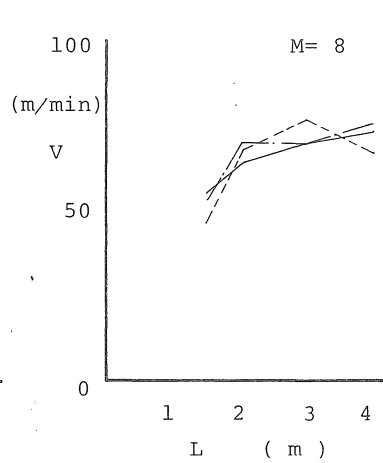


Fig. 12 V DP

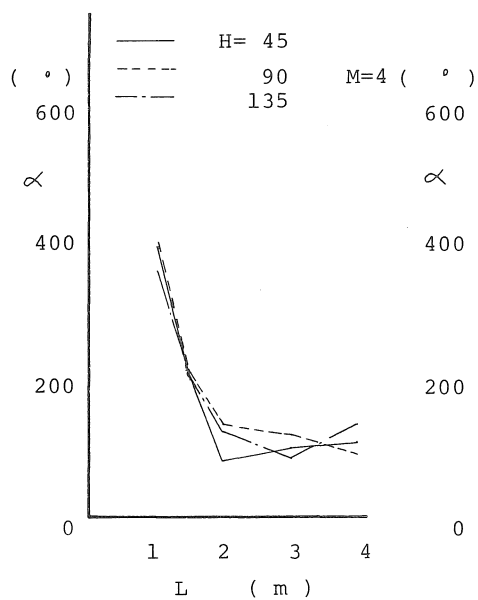


Fig. 13 α DL

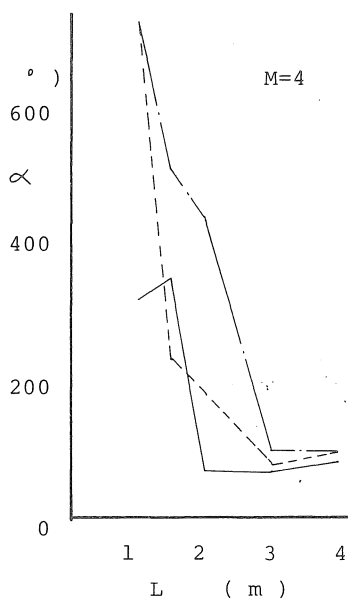


Fig. 14 α SL

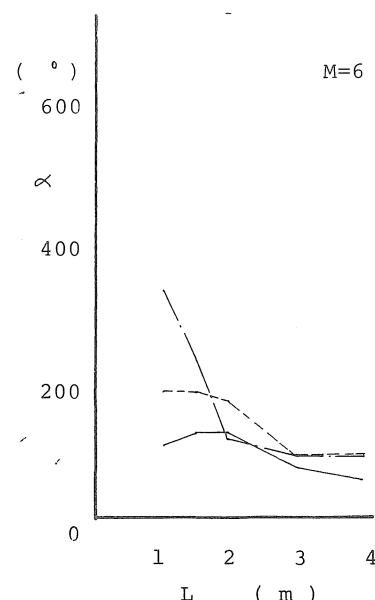


Fig. 15 α DP

6. 解析結果の検討

先導者の軌跡は、一般に幅員が小さく人数が多いほど蛇行は大きくまた多い。両面壁体長家具（DL）では家具側に集まる傾向があり、特に $H=90\text{cm}$ で顕著である。片面壁体長家具（SL）では中央ないしは壁体側に集まる傾向がある。また両面壁体突出家具（DP）では両面壁体長家具と同様に家具側に集まる傾向がある。このことから両面壁体では家具側の歩行者を先行させる要素を持つものと考えられる。突出家具では蛇行が大きくまた多い。 $H=90\text{cm}$ にこの傾向が強く、 $H=135\text{cm}$ では歩行者はかなり家具から離れて歩行している。すなわち $H=135\text{cm}$ の長家具、突出家具ともかなり反発させる作用を持つものと考えられる。

追隨者の軌跡については、先導者と比較して蛇行は多くまた大きい。家具高さによる影響はほとんど認められ

ず、追隨者は家具高さより歩行人数による影響が強いと考えられる。

先導者同士のかわり方向は各通路とも右へかわす傾向が強い。各比率をみると、両面壁体長家具61.7%、片面壁体長家具83.7%、両面壁体突出家具82.2%である。両面壁体長家具の $M=4$ 人では左へかわすのが多い。これより $M=4$ 人では個人歩行的要素が強いと考えられる。 $M=4$ 人を除いた場合でも両面壁体長家具では他の通路と比較して左へかわすのが多いことから、片面壁体長家具及び両面壁体突出家具ではかなり右へのかわり傾向が強いと考えられる。

段列数については、一般に幅員が大きくなるほど n も大きくなるが、幅員がある程度の大きさになると一定する傾向がある。家具高さを一定して各通路を比較すると、 $H=45\text{cm}$ では両面壁体長家具は片面壁体長家具より n は

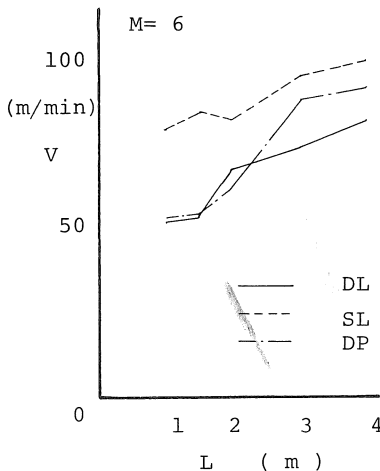


Fig. 16 V $H=45$

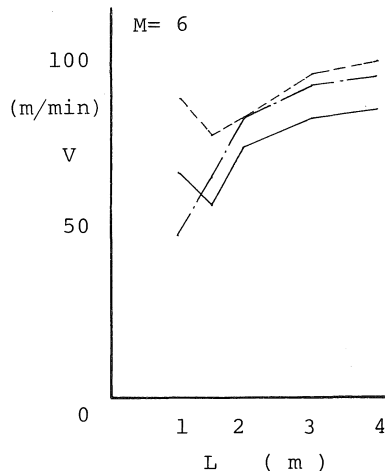


Fig. 17 V $H=90$

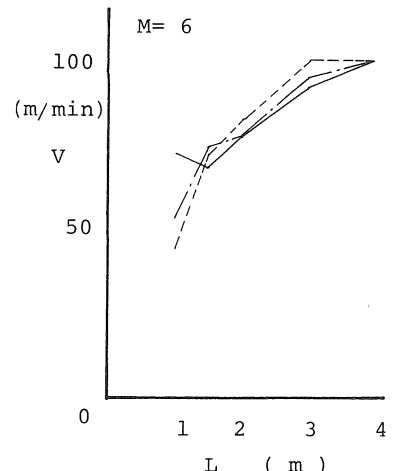


Fig. 18 V $H=135$

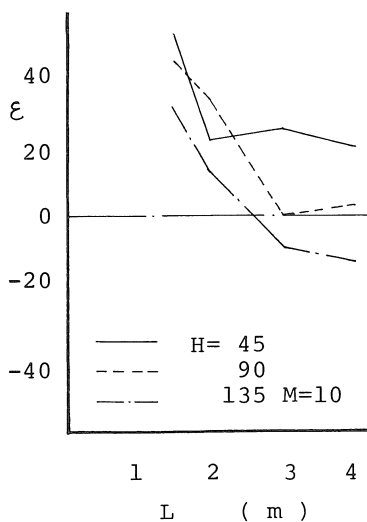


Fig. 19 ϵ DL

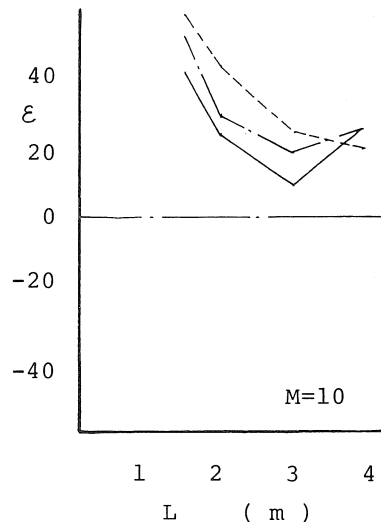


Fig. 20 ϵ SL

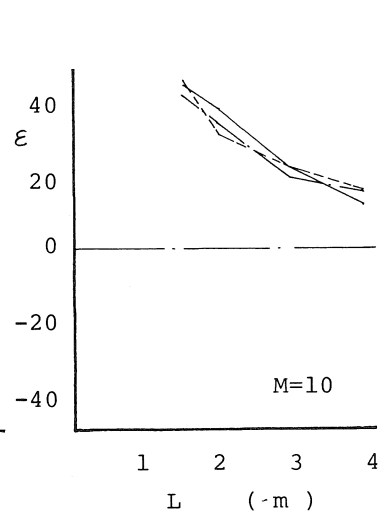


Fig. 21 ϵ DP

大きい、 $H=90\text{cm}$ では逆に片面壁体長家具の方が n が大きい傾向がある。 $H=135\text{cm}$ ではほとんど違いはみられない。両面壁体突出家具では幅員が小さいとかなり n は小さくなっている。

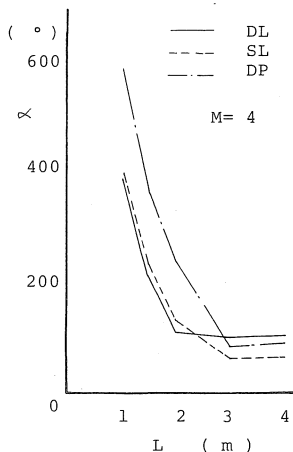


Fig. 22 α (ave)

歩行速度は幅員と人数によって大きく影響をうけ、一般に幅員が大きいほど、人数が少ないほど V は大きい、家具高さによる影響も多少みられる。片面壁体では人数が少ないほど両面壁体より V は大きく、人数が多くなると逆に小さくなる。両面壁体突出家具ではこの中間的な要素をもっている (Fig 16, 17, 18)。通り抜け歩行速度 (V_t) とすれ違い歩行速度 (V_e) を比較するため、 $\epsilon-L$ の関係を示したのが Fig 19, 20, 21 である。

$$\epsilon = \frac{V_t - V_e}{V_t} \times 100$$

これによると幅員が小さいと一般に $V_t > V_e$ であるが、幅員が大きくなるにしたがってその差はなくなるか、逆に $V_t < V_e$ の場合もある。両面壁体長家具では ϵ は $H=45 > 90 > 135\text{cm}$ の傾向があり、片面壁体長家具では $H=45 < 135\text{cm}$ である。両面壁体突出家具では家具高さによる影響はほとんどみられない。

肩のふれ角度は、Fig. 22 に示すように、一般に幅員が大きくなるにしたがって小さくなる。 $L \leq 1.5\text{m}$ では α はかなり大きく、特に両面壁体突出家具では大きい。家具高さについては、両面壁体長家具ではほとんど家具高さによる影響はみられず、片面壁体長家具では幅員が小さい場合は $H=45, 90 < 135\text{cm}$ である。両面壁体突出家具では $L=1\text{m}$ で家具が高いほど α は大きい、全体的には家具高さによる影響はほとんどないといえる。

追従関係をみると幅員と人数に大きく影響をうけてい

る。縦列関係における Z は横列関係におけるものより一般に大きく、幅員にも影響される。家具高さについては、両面壁体長家具では家具が高い方が Z は大きい傾向があり、片面壁体長家具でははっきりしない。また両面壁体突出家具では一般に $H=90 > 45, 135\text{cm}$ で Z は大きい。

7. 結 論

すれ違い歩行においては、通路の幅員と歩行人数が歩行動作に強く影響し、家具高さによる影響は通り抜け歩行と比べるとかなり弱いと考えられる。すなわち先導者の軌跡は、一般に幅員が小さく人数が多いほど蛇行は大きくまた多い。歩行速度は幅員が大きくなるにしたがって大きくなり、また人数が少ないほど V は大きい。肩のふれ角度についても、幅員が大きくなるにしたがって α は小さくなり、人数が多いほど α は大きい。通り抜け歩行と比べると α は全体的にかなり大きい。家具高さによる影響が多少みられるのは、両面壁体長家具の場合、先導者の軌跡が $H=90\text{cm}$ で家具側に集中していること、 n が $H=45 > 90 > 135\text{cm}$ 、 V が $H=45 < 135\text{cm}$ といったことである。片面壁体長家具では、 $H=90, 135\text{cm}$ で軌跡が壁体側に集中し、 V は $H=45, 90 < 135\text{cm}$ である。両面壁体突出家具では、幅員が小さい場合以外は家具高さによる影響は小さく、幅員と人数による影響が強い。すなわち突出家具は家具高さにあまり関係なく、障害物として知覚されると考えられる。

以上のことからすれ違い歩行においては、通路構成の歩行動作に与える影響は通り抜け歩行よりきわめて弱く、幅員や歩行人数など物理的制約からくる影響はかなり強いといえる。かわし方向については、複数歩行者によるすれ違い歩行では右へかわす傾向が強かったことから、かわし方向は歩行人数という要因によって決定される可能性がかなり高いと考えられる。また両面壁体においては、家具は家具側の歩行者を先行させる誘因を持ち、片面壁体では中央の歩行者を先行させる誘因を持つと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 中島一, 建部謙治: 人体動作分析による空間規模に関する研究 (第31報), 複数歩行者の通り抜け歩行について, 愛知工業大学研究報告No.12, 1977
- 2) 中島一, 建部謙治: 同 (第32報), 両面壁体長家具複数歩行者によるすれ違い歩行の場合, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国), 1977

- 3) 中島一，建部謙治：同（第33報），片面壁体長家具
複数歩行者のすれ違い歩行の場合，
日本建築学会東海支部研究報告集
No.16, 1978
- 4) 中島一，建部謙治：同（第34報），両面壁体突出家
具複数歩行者のすれ違い歩行の場
合，日本建築学会東海支部研究報
告集 No.16, 1978